

SWEDEN Patent 514 525
[SE-9803605]
CLAESSON, Ingvar et al.

ABSTRACT

An active element (26, 27) converts an AC voltage supplied by a control unit (28) to an actuator into dimensional changes. The active element is adapted to be embedded in the body of the tool holder in such manner that the dimensional changes impart turning moments to the body of the tool holder.

SVERIGE

(12) PATENTSKRIFT

(13) C2

(11) 514 525

(19) SE

(51) Internationell klass 7
B23Q 11/00, B23B 29/12

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET

(45) Patent meddelat 2001-03-05
 (41) Ansökan allmänt tillgänglig 2000-04-23
 (22) Patentansökan inkom 1998-10-22
 (24) Löpdag 1998-10-22
 (62) Stamansökans nummer
 (86) Internationell ingivningsdag
 (86) Ingivningsdag för ansökan om europeisk patent
 (83) Deposition av mikroorganism

(30) Prioritetsuppgifter

(21) Patentansöknings-
nummer 9803605-6

Ansökan inkommen som:

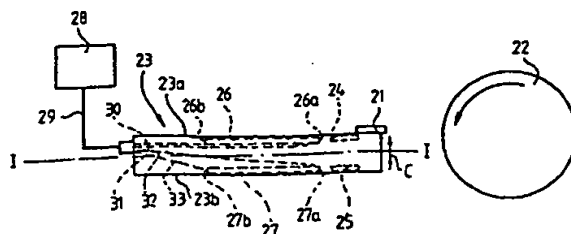
svensk patentansökan
fullföljd internationell patentansökan
med nummeromvandlad europeisk patentansökan
med nummer

- (73) PATENTHAVARE Ingvar Claesson, Sockengatan 64 252 51 Helsingborg SE
 Lars Håkansson, Sockengatan 64 252 51 Helsingborg SE
 Thomas Lagö, Snöbollsvägen 29 564 34 Bankeryd SE
 (72) UPPFINNARE Ingvar Claesson, Helsingborg SE, Lars Håkansson,
 Helsingborg SE, Thomas Lagö, Bankeryd SE
 (74) OMBUD AWAPATENT AB
 (54) BENÄMNING Anordning och metod för styrning av vibrationer samt
 verktygshållare
 (56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER:
 JP A 63 180 401 (B23B 25/06), US A 4 849 668 (310/328),
 US A 5 315 203 (310/326)
 (57) SAMMANDRAG:

Uppfinningen avser en anordning för styrning av vibrationer i en maskin för skärande bearbetning, vilken maskin innefattar ett skärande verktyg (21, 43) som uppbärs av en verktygshållare (3, 23, 41). Anordningen innefattar en styrenhet (28) och till styrenheten anslutbara omvandlarorgan innefattande en vibrationssensor (24, 25) och en aktuator (26, 27, 45, 47). Aktuatorsorgan innefattar ett aktivt element (26, 27, 45, 47) som omvandlar en av styrenheten till aktuatorsorgan matad växelspanning till dimensionsförändringar. Nämda aktiva element är inrättat att bäddas in i verktygshållarens kropp och är inrättat att bäddas in så att nämnda dimensionsförändringar bi- bringar verktygshållarens kropp vridande moment.

Uppfinningen avser vidare en metod för styrning av vibrationer vid skärande bearbetning.

Uppfinningen avser även en verktygshållare.



Tekniskt område

Föreliggande uppfinning avser en metod och en anordning för styrning av vibrationer, och närmare bestämt en metod, en anordning och en verktygshållare för styrning av vibrationer vid skärande bearbetning.

Bakgrundsteknik

Vid skärande bearbetning, såsom svarvning, borrar, fräsning eller hyvling, uppkommer dynamisk rörelse mellan verktyg och arbetsstycke. Rörelsen beror till stor del på att spånbildningsprocessen, dvs avlägsnandet av det i allmänhet förhållandevis hårda materialet från arbetsstycket, ger en dynamisk excitation av verktyget, och särskilt verktygshållaren. Den dynamiska excitationen leder till en dynamisk rörelse, i form av exempelvis elastisk böjning eller torsion, hos verktyget och verktygshållaren. Spånformningsprocessen är till stora delar stokastisk och excitationen visar sig i form av verktygs-vibrationer och buller. Förutom att därigenom ge upphov till arbetsmiljöproblem påverkar den dynamiska rörelsen även jämnheten hos arbetsstyckets yta och verktygets livslängd.

Det är därför angeläget att så långt som möjligt reducera den dynamiska rörelsen. Det är känt att vibrationsproblemet har ett nära samband med den dynamiska styvheten i maskinens konstruktion och arbetsstyckets material. Man har därför lyckats reducera problemet något genom att utforma maskinens konstruktion på sätt som ökar den dynamiska styvheten.

En viktig del av konstruktionen är själva verktygshållaren. Det skärande verktyget, exempelvis ett svarvskär, ett frässkär eller ett borrar, är styvt uppburet av verktygshållaren. Därmed överförs de vibrationer som uppkommer mellan den skärande eggen och arbetsstycket i stort sett fullständigt till verktygshållaren. Det är

2.

till och med ofta så att det är bristande dynamisk styvhet hos verktygshållaren som är ett huvudproblem.

På senare tid har man därför inriktat sig på att öka själva verktygshållarens dynamiska styvhet med hjälp av aktiv teknik för att därigenom styra verktygets respons. Det innebär att man tillämpar aktiv styrning av verktygsvibrationerna.

Den aktiva styrningen innefattar införandet av sekundära vibrationer, eller motvibrationer, i verktyget med hjälp av en sekundär källa, som ofta benämnes aktuator. Aktuators drivs så att motvibrationerna interfererar destruktivt med verktygsvibrationerna.

I US-4 409 659 visas ett exempel på en sådan styrenhet. En ultraljudsaktuator är anordnad på verktygshållaren och skapar motvibrationer i verktyget. Aktuators drivström styrs i beroende av fysiska parametrar som mäts och med hjälp av aktuators arbete hålls inom definierade gränser. Denna konstruktion är klumpig eftersom aktuatorn utgör en förhållandevis stor komponent som måste monteras utanpå en lämplig yta hos verktygshållaren. Dessutom är riktningsverkan inte helt distinkt.

I JP-63 180 401 visas en helt annan lösning där aktuatorn är inbyggd i verktygshållaren som håller ett svarvskär. Ett lateralt genomgående hål med rektangulärt tvärsnitt är upptaget i verktygshållaren. En piezoelektrisk aktuator är i serie med en lastdetektor inspänd mellan de väggar som avgränsar hålet i verktygshållarens längdriktning. Lastdetektorn avkänner vibrationerna och används av en styrenhet för att via aktuatorn alstra motvibrationer som reducerar den dynamiska rörelsen. Denna konstruktion medför ett kraftigt ingrepp i verktygshållaren och visar samtidigt att konstruktören inte haft kunskap om excitationsprocessens kärna. Ingreppet motverkar nämligen syftet med konstruktionen genom att det reducerar verktygshållarens styvhet i de viktigaste riktningsarna, framför allt vertikalt, vilket i sig medför större vibrationsproblem alternativt medför att verktygshålla-

rens dimensioner måste ökas väsentligt för att styvheten skall bibehållas. Vid svarvning skapar det roterande verktyget en nedåtriktad kraft på skäreggen. När eggen håller emot bryts material loss från arbetsstycket. Därvid uppkommer huvuddelen av vibrationerna. I JP-63 180 401 tänker man sig istället från att arbetsstyckets yta är ojäm (vågmonstrad) och därigenom huvudsakligen exciterar verktygshållaren i dess längdriktning. Via aktuatorn alstrar man en svängning i motfas mot vågmönstret och uppnår därigenom ett konstant skärdjup.

Det finns således ett behov av en lösning som styr de mest väsentliga vibrationerna vid skärande bearbetning, såsom svarvning, fräsning, borrarning eller hyvling, och som ger minimal negativ påverkan, såsom skrymmande utskott eller dynamiskt försvagande ingrepp, och ändå har god verkan.

Sammanfattning av uppfinningen

Ett ändamål med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod har ingen eller åtminstone försumbar negativ påverkan på verktygets dimensioner.

Ett annat ändamål med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod har ingen eller åtminstone försumbar negativ påverkan på verktygets mekaniska egenskaper.

Ytterligare ett ändamål med uppfinningen är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod ger en riktad och direkt styrning av verktygsvibrationerna.

Ännu ett ändamål med uppfinningen är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod möjliggör styrning av verktygsvibrationer i valbar riktning.

Ändamålen med avseende på en anordning uppnås med en anordning för styrning av vibrationer i en maskin för skärande bearbetning, varvid maskinen innefattar ett skärande verktyg som uppbärs av en verktygshållare, varvid anordningen innefattar en styrenhet och till styrenheten anslutbara omvandlarorgan innefattande en vibrationssensor och en aktuator, och varvid aktuatoren innefattar ett aktivt element som omvandlar en av styrenheten över det aktiva elementet anbringad växelspanning till dimensionsförändringar. Anordningen kännetecknas av att nämnda aktiva element är inrättat att bäddas in i verktygshållarens kropp, att nämnda aktiva element är inrättat att bäddas in så att nämnda dimensionsförändringar bibringar verktygshållarens kropp vridande moment och att styrenheten är inrättad att medelst nämnda aktiva element styra vibrationer som är en följd av en dynamisk excitation av verktygshållaren vid en spånformningsprocess.

Ändamålen med avseende på en metod uppnås med en metod för styrning av vibrationer vid skärande bearbetning, innefattande att avkänna en verktygshållares vibrationer under pågående bearbetning och att alstra styrvibrationer i verktygshållaren, med hjälp av åtminstone ett aktivt element som är elektriskt styrbart till dimensionsförändringar. Metoden kännetecknas av stegen att bädda in nämnda aktiva element i verktygshållarens kropp och att, för alstringen av styrvibrationerna, bibringa verktygshållarens kropp vridande moment genom att alstra åtminstone en styrspanning och anbringa styrspanningen över nämnda aktiva element och genom att variera styrspanningen i beroende av de avkända vibrationerna, och att därigenom styra vibrationer som är en följd av en dynamisk excitation av verktygshållaren vid en spånformningsprocess.

Idén att enligt uppfinningen bädda in åtminstone ett aktivt element i verktygshållaren innebär ett minimalt ingrepp i verktygshållaren och utnyttjar samtidigt det

aktiva elementets snabbhet och dimensionsförändringsförmåga på ett optimalt sätt. Inbäddningen gör det möjligt att effektivare överföra dimensionsförändringen direkt till verktygshållarens kropp och med full verkningsgrad.

- 5 Den kända tekniken enligt JP-63 180 401 där aktuatorelementet ligger fritt med undantag för gavelytorna ger ett svängrum för utböjning hos aktuatorelementet, varvid kraft går förlorad. Inbäddningen har även fördelen att anordningen är användbar i praktiken eftersom den är
- 10 skyddad mot skärvätskor och spån. De kända anordningarna är möjligen användbara för laboratoriebruk men inte i industriverksamhet.

- Anordningen är inrättad att bibringa verktygshållaren ett vridande moment genom placeringen av det (de)
- 15 aktiva elementet (-en). Det motsvarande aktuatorelementet i JP-63 180 401 är medvetet anordnat så att dimensionsförändringen sker utmed verktygshållarens längdaxel, vilket inte ger något vridande moment. Det beror på ovan nämnda bristande kunskaper om vad som primärt orsakar
- 20 vibrationsproblemen. Man har således inte insett att de viktigaste excitationskrafterna har helt andra riktningar än parallellt med nämnda längdaxel. Även med den insikten är emellertid konstruktionen enligt JP-63 180 401 inte enkelt anpassningsbar för någon annan montering än den
- 25 visade.

- Det aktiva elementet enligt uppfinningen kan göras litet. Därigenom är det enkelt att bygga in det aktiva elementet i verktygshållaren vid tillverkningen av det samma utan att verktygshållarens mekaniska egenskaper på-
- 30 verkas negativt. Dessutom medför det att elementet är eftermonterbart i befintliga verktygshållare.

- Vidare är monteringen flexibel såtillvida att det aktiva elementet är monterbart med valfri orientering. Därigenom går det att uppnå maximal styrbarhet för vibrationer med i stort sett vilken riktning som helst.
- 35

Kort beskrivning av ritningarna

Uppfinningen kommer nedan att beskrivas närmare genom utföringsformer under hänvisning till den åtföljande ritningen, där:

5 Fig 1 i en perspektivvy exemplifierar kraftpåverkan på ett skärande verktyg;

Fig 2 i en genomskärningsvy schematiskt visar en utföringsform av uppfinningen tillämpad på ett verktyg för svarvning;

10 Fig 3 visar ett blockschema över styrning enligt utföringsformen i fig 2; och

Fig 4 visar en annan utföringsform av uppfinningen tillämpad på ett verktyg för fräsning.

Detaljerad beskrivning av utföringsformer

15 En grundläggande avsikt med uppfinningen är att motverka uppkomsten av vibrationer som ger buller, slitage och ytojämnhet i samband med skärande bearbetning av ett arbetsstycke. Ovan har orsakssambanden för uppkomsten av vibrationer vid skärande bearbetning beskrivits. Genom en
20 korrekt utförd vibrationsstyrning enligt uppfinningen undanröjs problemen och en god ytfinish uppnås.

I fig 1 visas ett exempel på krafter som ett verktyg 1, i det här fallet ett svarvskär, utsätts för på grund av bearbetningen av ett arbetsstycke 2. Verktyget 1 uppbärs av en verktygshållaren 3, med vilken verktyget 1 är
25 stunt förbundet. Arbetsstycket 2 roterar i pilens A riktning. Verktygshållaren 3 rör sig i en matningsriktning, som anges av pilen B. Arbetsstyckets 2 rotation och verktygshållarens 3 rörelse ger tillsammans en kraftresultant som åskådliggörs med pilen f. Kraftresultanten f kan delas upp i komponenter f_x , f_y och f_z . Av fig 1 framgår att
30 den dominerande komponenten är f_z , som betecknar den kraft som erfordras för att avlägsna material från arbetsstycket 2.

35 Fig 2 exemplifierar en utföringsform av anordningen enligt uppfinningen och hur denna utföringsform används vid svarvning. I fig 2 visas, i en längsgående genomskär-

ningsvy, schematiskt ett verktyg i form av ett svarvskär 21 och en verktygshållare i form av en svarvskärshållare 23, vilka motsvarar verktyget 1 respektive verktygshållaren 3 i fig 1. Ett roterande arbetsstycke visas i tvärsnitt vid 22. Anordningen enligt uppfinningen är i detta exempel anbringad för att minska/motverka de vibrationer som kraftkomponenten f_v ger upphov till och som visas med pilen C. Anordningen innefattar omvandlarorgan, som utgörs av plattformiga sensorer 24, 25 och plattformiga aktuatorer 26, 27. Aktuatorerna 26, 27 innefattar aktiva element, här ett element vardera, vilka i denna utföringsform utgörs av piezokeramelement, som ändrar dimension när en elektrisk spänning anbringas över dem. Dimensionsförändringen står i ett förhållande till spänningen. Ett piezokeramelement kan i sin tur vara utfört som en enhet eller med fördel vara uppbyggt som en så kallad stack och/eller av flera delelement. Således kan elementet vara en solid kropp eller flera individuella men sammansatta och samverkande kroppar. Sensorerna 24, 25 utgörs av piezoelektriska kristaller som alstrar en elektrisk spänning när de utsätts för kraftpåverkan. Anordningen innefattar vidare en styrenhet 28, som är elektriskt ansluten till sensorerna 24, 25 och aktuatorerna 26, 27 via en ledning 29, som innehåller ett flertal ledare. Av tydlighetsskäl visas i verktygshållaren 23 enbart de ledare 30-33 som är anslutna till aktuatorerna 26, 27, men ledare finns givetvis även till sensorerna 24, 25.

De aktiva elementen, dvs piezokeramelementen, 26, 27 är inbäddade i verktygshållaren 23. I det här fallet, och såsom en föredragen utföringsform är inbäddningen en ingjutning. Ingjutningen utförs genom att det för varje aktivt element 26, 27 utformas en urtagning i verktygshållarens 23 kropp, varefter det aktiva elementet 26, 27 placeras däri och gjuts över. Det aktiva elementet 26, 27 limmas företrädesvis mot urtagningens bottenyta. Sensorerna 24, 25 är ingjutna på motsvarande sätt som de

aktiva elementen. Ledarna 30-33 är också ingjutna i verktygshållaren 23.

5 Omvandlarorganen 24-27 är parvis motstående och parallellt anordnade, i form av ett sensorpar 24, 25 och ett aktuatorpar 26, 27. En övre sensor 24 av sensorerna 24, 25 är anordnad nära verktygshållarens 23 ovansida 23a, och en undre sensor 25 av sensorerna 24, 25 är anordnad nära verktygshållarens 23 undersida 23b. Aktuatorerna 26, 27 är anordnade på motsvarande sätt, dvs med en 10 övre och en undre aktuator 26 respektive 27 anordnade nära verktygshållarens 23 ovansida 23a respektive undersida 23b.

Anordningen fungerar enligt följande. När verktyget 21 och verktygshållaren 23 under pågående svarvning vibrerar upp och ned enligt pilen C utsätts sensorerna 24, 15 25 för omväxlande drag- och tryckkrafter. Varje sensorer 24, 25 alstrar då en spänning som varierar i takt med kraftvariationerna. Sensorspänningarna detekteras och analyseras av styrenheten 28. Styrenheten 28 alstrar två 20 styrspänningar, i form av växelspänningar, som matas till var sin aktuator 26 respektive 27 och anbringas över piezokeramelementen 26, 27. Piezokeramelementen 26, 27 är långsträckta i verktygshållarens 23 längdled och ledarna 30-33, är två och två anslutna till var sitt piezokeram- 25 element 26, 27 i deras framändar 26a respektive 27a och bakändar 26b respektive 27b. När aktuatorerna 26, 27 spänningssätts medelst styrspänningarna förlängs piezokeramelementen 26, 27 således i högre eller mindre grad beroende på spänningarnas storlek. Med andra ord erhåller 30 varje piezokeramelement 26, 27 en dimensionsförändring i sin längdled, vilket i föreliggande exempel även är verktygshållarens 23 längdled. Piezokeramelementen 26, 27 har företrädesvis kraftförmedlingsytor, i detta fall deras gavelytor vid ändarna 26a, 26b, 27a, 27b, som anligger 35 direkt mot ytor i verktygshållarens 23 kropp. Vidare är piezokeramelementen 26, 27 belägna på avstånd från verktygshållarens 23 centrumaxel I-I. Med uttrycket "på av-

stånd från centrumaxeln" avses generellt att piezokeram-
elementens 26, 27 geometriska centrumaxlar inte samman-
faller med verktygshållarens 23 geometriska centrumaxel.
Om centrumaxlarna skulle sammanfalla så skulle inget vri-
dande moment åstadkommas utan enbart en ren längdföränd-
ring av verktygshållaren 23. I den föredragna utförings-
formen är piezokeramelementen 26, 27 ytnära, eller grunt,
placerade för att momentarmarna skall bli så långa som
möjligt. I det föreliggande exemplet är den dominerande
vibrationen vertikal, vilket innebär att de krafter som
induceras med hjälp av piezokeramelementen 26, 27 i
första hand strävar att böja verktygshållarens 23 ände
uppåt och nedåt.

De vridande momenten verkar således kring en axel
som är vinkelrät mot centrumaxeln I-I och styrs så att de
arbetar i motfas mot de vridande moment som arbetsstycket
22 inducerar vid bearbetningen genom sin rotation. Därmed
minskas vibrationerna. Styrenheten 28 alstrar således så-
dana styrspänningar att de medelst aktuatorerna 26, 27
inducerade krafterna ligger i motfas mot de av sensorerna
24, 25 detekterade krafterna.

Styrenheten 28 är valbar bland många olika typer,
exempelvis analog, återkopplad styrenhet, konventionell
PID-regulator, adaptiv regulator eller någon annan, i en
aktuell tillämpning lämplig styrenhet. Styrenheten strä-
var företrädesvis efter att styra vibrationerna mot ett
optimalt tillstånd. Styrningen kan exempelvis innebära
att minimera vibrationerna i någon eller alla riktningar,
varvid det optimala tillståndet kan vara helt utsläckta
vibrationer. Det finns många kända styralgoritmer att
välja bland. Strävan är att finna den mest effektiva för
en viss tillämpning. Vad beträffar den ovan beskrivna
utföringsformen för svarvtillämpningen sker analysen av
sensorsignalerna, dvs de av sensorerna alstrade spän-
ningarna, och alstringen av styrsignalerna, dvs styrspän-
ningarna, till piezokeramelementen 26, 27 enligt föl-
jande.

En föredragen utföringsform av det styrsystem som styrenheten 28, sensorerna 24, 25 och piezokeramelementen 26, 27 tillsammans utgör är återkopplad och baserad på en så kallad "Filtered-X LMS-algoritm". Denna algoritm är i
 5 sig förvisso känd för fackmannen inom teknikområdet. I fig 3 visas ett ekvivalent blockschema över det återkopplade styrsystemet i en digital beskrivning.

Block 301, som även är betecknat C, representerar det dynamiska systemet som styrs, vilket innehåller
 10 aktuatorerna 26, 27 och sensorerna 24, 25. De övriga blocken representerar en realisering av nämnda algoritm. Block 305 representerar ett FIR-filter med justerbara koef-
 15 ficienter, block 307 representerar ett adaptivt koef-
 15 ficientjusteringsorgan, och block 309 representerar en mo-
 15 dell (C*) av det dynamiska systemet 301.

Sett ur ett funktionsmässigt, matematiskt perspektiv utgör det dynamiska systemet ett framfilter, vars utsig-
 20 nal, dvs det dynamiska systemets respons, är $y_c(n)$. Koef-
 20 ficientjusteringsorganet 307 strävar efter att optimera
 20 FIR-filtrets koefficienter så att en felsignal $e(n)$ mini-
 20 meras. Felsignalen $e(n) = d(n) - y_c(n)$, där $d(n)$ är en önsk-
 20 värd utsignal. Bestämningen av felsignalen görs med hjälp
 25 av en summerare 311. För att säkerställa att koefficient-
 25 justeringsorganet konvergerar varje gång oavsett utgångs-
 25 tillstånd matas det med en referenssignal $r(n)$ från
 25 modellen 309 av framfiltret.

I matematiska termer kan man uttrycka verkan av upp-
 30 finningen som att den ändrar verktygshållarens överföring
 30 och närmare bestämt ändrar egenskaperna hos en eller
 30 flera framkanaler, där varje framkanal är förknippad med
 30 en excitationsriktning. Detta betraktelsesätt är likvär-
 30 digt med att verkan av uppfinningen är att styrvibration-
 30 ner alstras vilka styrvibrationer påverkar verktygshålla-
 30 rens vibrationer. Det skall således påpekas att framkana-
 35 len ofta inte kan betraktas som tidsinvariant, dvs tradi-
 35 tionell linjär systemteori är ofta inte tillämplig.
 Systemet är vanligtvis olinjärt.

Uppfinningen är inte bara tillämpbar för svarvning utan fungerar även för annan typ av skärande bearbetning, såsom fräsning eller borrarning, varvid den ovan beskrivna styralgoritmen också är tillämplig.

- 5 Vid fräsning roterar inte arbetsstycket utan själva verktyget och dess verktygshållare. I fig 4 visas en fräsverktygshållare 41, vars rotationsriktning anges med en pil. Fräsverktygshållaren 41 har inbäddade sensorer och aktiva element, varav två aktiva element 45, 47 visas
- 10 schematiskt. De mest betydande vibrationer som uppkommer vid fräsning är orsakade av torsion av fräsverktygshållaren 41 på grund av skäreaggarnas 43 ingrepp i arbetsstyckets material. Fräsverktygshållaren 41 utsätts även för en viss böjning. Kraftresultanterna är främst skruv-
- 15 formigt riktade kring fräsverktygshållarens 41 rotationsaxel. En föredragen placering av de aktiva elementen 45, 47b är därför i ett band kring fräsverktygshållaren 41 så att de aktiva elementen har en huvudsaklig utsträckning och samtidigt verkansriktning skruvformigt kring verk-
- 20 tygshållarens 41 rotationsaxel. Därmed verkar de åstadkomna vridande momenten huvudsakligen i samma riktningar som nämnda torsion. En tänkbar variant till eller kombination med den skruvformiga placeringen är dock även att placerade aktiva elementen parallellt med rotationsaxeln.
- 25 Vid borrarning roterar, liksom vid fräsning, verktyg och verktygshållare. Borrar har ett verktyg i form av ett borrar-skär som uppbärs av en verktygshållare. Skäret är i allmänhet fastsvetsat på hållaren. Det finns dock även så kallade snabbstålsborr, varvid verktygshållare och verk-
- 30 tyg är utformade i samma ämne. Även i det fallet innefattar dock borret definitionsmässigt ett verktyg i form av själva skäret i borrets ände och en verktygshållare i form av den resterande delen av borret. Vid borrarning liknar förhållandena de förhållanden som råder vid fräsning.
- 35 En klar skillnad ligger dock i matningsriktningen, som vid borrarning är parallell med verktygshållarens rotationsaxel, medan den är vinkelrätt mot verktygets rota-

tionsaxel vid fräsning. En annan skillnad är att hela verktyget ligger an mot arbetsstycket vid borrning medan det endast är en partiell anliggning vid fräsning. Vid borrning är därför vibrationerna nästan uteslutande torsionsrelaterade. Aktiva element och sensorer anordnas ungefär som i fräsfallet, men i större vinkel mot rotationsaxeln.

Även vibrationer i hyvelverktyg och andra skärande verktyg kan styras i enlighet med uppfinningen.

10 En alternativ placering av sensor är i svarvfallet mellan själva skäret och verktygshållaren, dvs under skäret. I det fallet används en tryckkänslig sensor.

Sensorerna kan för övrigt vara av någon av flera olika typer. Utöver ovannämnda är exempelvis accelerometrar och trådtöjningsgivare tänkbara. De senare är dock mindre lämpliga än de piezoelektriska sensorerna sett ur miljösynpunkt.

Även de aktiva elementen kan vara av olika typer inom ramen för uppfinningen. I framtiden är sannolikt 20 ännu tunnare element än dagens möjliga, exempelvis i form av piezofilm (PZT). Den för närvarande föredragna typen är dock piezokeramelement.

De ovan beskrivna placeringarna av sensorerna och aktuatorerna är exempel på placeringar och många varianter är tänkbara, såsom en kombination av de visade eller 25 andra antal aktuatorer. Exempelvis i svarvfallet kan man anordna två par aktuatorer i varje riktning eller flera aktuatorer bredvid de visade. I sitt enklaste utförande innefattar anordningen enligt uppfinningen endast en 30 aktuator som innefattar ett aktivt element. Detta ger dock ett mer olinjärt styrsystem, vilket orsakar onödiga styrtekniska svårigheter. Det är därför en fördel att balansera systemet genom att, såsom i den i fig 2 visade utföringsformen, anordna de aktiva elementen parvis motstående, dvs mitt emot varandra på varsin sida om verktygshållarens centrumaxel. En ännu högre linjäritet uppnås om varje aktuator dessutom utformas av två aktiva 35

element som förenas, exempelvis genom limning, med varandra storyta mot storyta till ett dubbelelement. Dubbelelementet blir visserligen dubbelt så tjockt som ett enkelt element, men ger å andra sidan mer dynamisk effekt, 5 vilket ibland är att föredra.

De aktiva elementen är formmässigt inte bundna till att vara rätblocksformiga och plattformiga som de visade elementen, utan formen kan variera beroende på tillämpning. Plattformigheten är dock en fördel, eftersom den 10 bidrar till att minimera elementets volym. Vidare är långsträckthet en god formegenskap som också bidrar till att elementet får en liten volym. Det är därvid att föredra att dimensionsförändringarna sker i elementets längdled.

15 Hur de aktiva elementen anordnas i verktygshållaren kan variera och har förvisso också inverkan på formen. Utöver den ovan beskrivna, föredragna monteringen där elementen visserligen limmas mot urtagningens botten men två motstående kraftförmedlingsytor väsentligen alstrar 20 de vridande momenten är andra alternativ möjliga. Ett sådant innebär att dimensionsförändringen helt överförs via limförbandet, vilket i princip är möjligt med dagens mest hållfasta lim. Även andra varianter ryms inom ramen för uppfinningen.

25 Övergjutningen av det aktiva elementet görs med lämpligt material. Som exempel är plastmaterial värda att påpeka. Att föredra är dock om i vårt fall ett lock av metall anordnas överst och i jämnhöjd med den övriga verktygshållarytan.

PATENTKRAV

1. Anordning för styrning av vibrationer i en maskin för skärande bearbetning, vilken maskin innefattar ett skärande verktyg (21, 43) som uppbärs av en verktygshållare (3, 23, 41), varvid anordningen innefattar en styrenhet (28) och till styrenheten anslutbara omvandlarorgan innefattande en vibrationssensor (24, 25) och en aktuator (26, 27, 45, 47), och varvid aktuatorn innefattar ett aktivt element (26, 27, 45, 47) som omvandlar en av styrenheten till aktuatorn matad växelspanning till dimensionsförändringar, k ä n n e t e c k - n a d av att nämnda aktiva element är inrättat att bäddas in i verktygshållarens kropp, att nämnda aktiva element är inrättat att bäddas in för bibringande av vridande moment till verktygshållarens kropp genom nämnda dimensionsförändringar, och att styrenheten är inrättad att medelst nämnda aktiva element styra vibrationer som är en följd av en dynamisk excitation av verktygshållaren vid en spånformningsprocess.

2. Anordning enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k - n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är inrättat att bäddas in med sin centrumaxel på avstånd från verktygshållarens (3, 23, 41) centrumaxel.

3. Anordning enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e - t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är inrättat att bäddas in nära verktygshållarens (3, 23, 41) yta.

4. Anordning enligt något av föregående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är plattformigt.

5. Anordning enligt något av föregående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktuator (26, 27, 45, 47) innefattar ett dubbelelement, som utgörs av två med varandra via varsin storyta förbundna aktiva element.

6. Anordning enligt något av föregående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) utgörs av ett piezokeramelement.

7. Metod för styrning av vibrationer vid skärande bearbetning, innefattande att avkänna en verktygshållares vibrationer under pågående bearbetning och att alstra

styrvibrationer i verktygshållaren, med hjälp av åtminstone ett aktivt element som är elektriskt styrbart till dimensionsförändringar, k ä n n e t e c k n a d av stegen att bädda in nämnda aktiva element i verktygshållarens kropp, att, för alstringen av styrvibrationerna, bibringa verktygshållarens kropp vridande moment, genom att alstra åtminstone en styrspänning och anbringa styrspänningen över nämnda aktiva element och genom att variera styrspänningen i beroende av de avkända vibrationerna, och att därigenom styra vibrationer som är en följd av en dynamisk excitation av verktygshållaren vid en spånformningsprocess.

8. Metod enligt patentkrav 7, k ä n n e t e c k n a d av att avkänna verktygshållarens vibrationer piezoelektriskt.

9. Verktygshållare, som är anordnad att uppbära ett verktyg för skärande bearbetning, varvid verktygshållaren (3, 23, 41) innefattar en aktuator (26, 27, 45, 47), vilken aktuator innefattar ett aktivt element (26, 27, 45, 47) som är elektriskt styrbart till dimensionsförändringar k ä n n e t e c k n a d av att det aktiva elementet (26, 27, 45, 47) är inbäddat i verktygshållarens kropp, varvid det är inrättat att genom nämnda dimensionsförändringar bibringa verktygshållarens kropp vridande moment, och att det aktiva elementet är användbart för styrning av vibrationer som är en följd av en dynamisk excitation av verktygshållaren vid en spånformningsprocess.

10. Verktygshållare enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är inbäddat med sin centrumaxel på avstånd från verktygshållarens (3, 23, 41) centrumaxel.

11. Verktygshållare enligt patentkrav 9 eller 10, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är inbäddat nära verktygshållarens (3, 23, 41) yta.

12. Verktygshållare enligt patentkrav 9, 10 eller 11, k ä n n e t e c k n a d av att minst ett par aktiva element är anordnat så att de i paret ingående aktiva elementen är motstående anordnade på var sin sida om verktygshållarens (3, 23, 41) centrumaxel.

13. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-12, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är anordnat i en urtagning i verktvgshållaren (3, 23, 41) och är förbundet med verktvgshållaren via ett limförband som överför åtminstone en del av nämnda dimensionsförändring till verktvgshållaren, och att urtagningen är förseglad.

14. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-13, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är anordnat i en urtagning i verktvgshållaren (3, 23, 41) och har två motstående kraftförmedlingsytor, varvid kraftförmedlingsytorna är i anliggning mot ytor hos verktvgshållarens kropp och varvid nämnda dimensionsförändringar ändrar avståndet mellan kraftförmedlingsytorna, och att urtagningen är förseglad.

15. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-14, k ä n n e t e c k n a d av att den utgörs av en skärhållare (3, 23) för en svarvmaskin.

16. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-14, k ä n n e t e c k n a d av att den utgörs av en skärhållare (41) för en fräsmaskin och att skärhållaren innefattar aktiva element (45, 47) som är skruvformigt anordnade kring skärhållarens centrumaxel.

17. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-14, k ä n n e t e c k n a d av att den utgörs av en skärhållare för en bormaskin, och att skärhållaren innefattar aktiva element som är skruvformigt anordnade kring skärhållarens centrumaxel.

18. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-17 k ä n n e t e c k n a d av att den innefattar ett inbäddat, piezoelektriskt sensorelement (24, 25).

19. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-18 k ä n n e t e c k n a d av att nämnda inbäddade element är ingjutna i verktvgshållarens kropp.

20. Verktvgshållare enligt något av patentkraven 9-19, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element utgörs av ett piezokeramelement.

21. Användning av en anordning enligt något av patentkraven 1-6 i en maskin, varvid maskinen är endera av en maskin för svarvning, en maskin för fräsning eller en maskin för borrar.

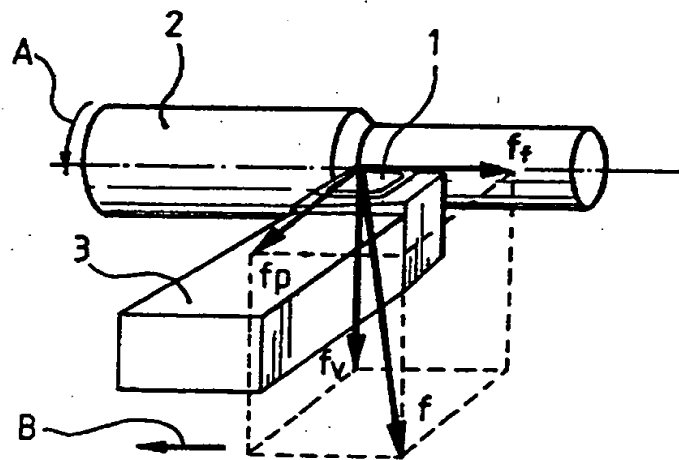


Fig. 1

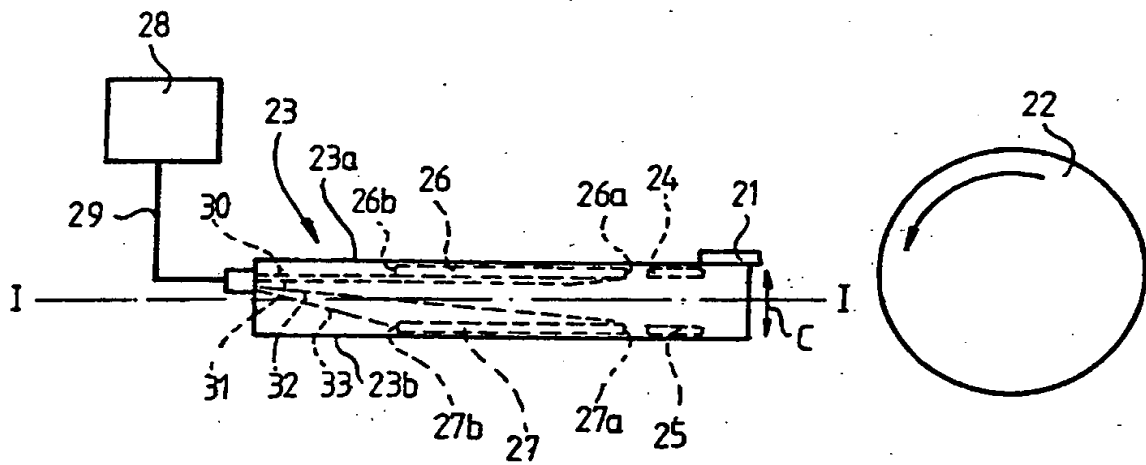


Fig. 2

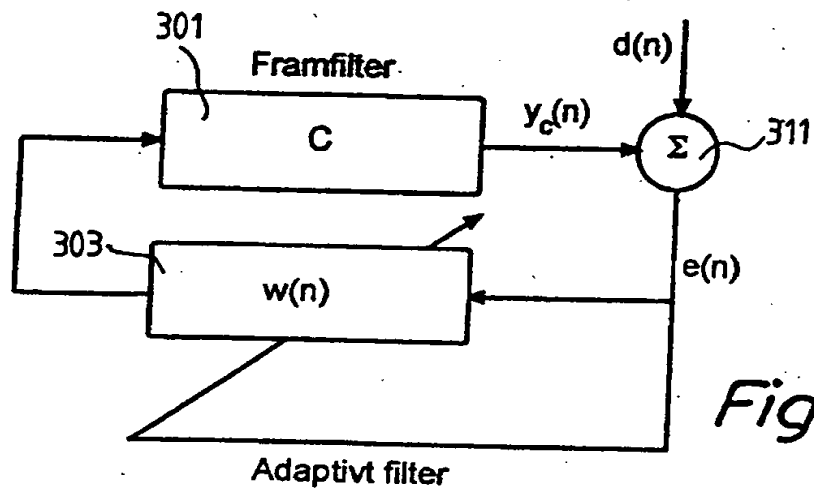


Fig. 3a

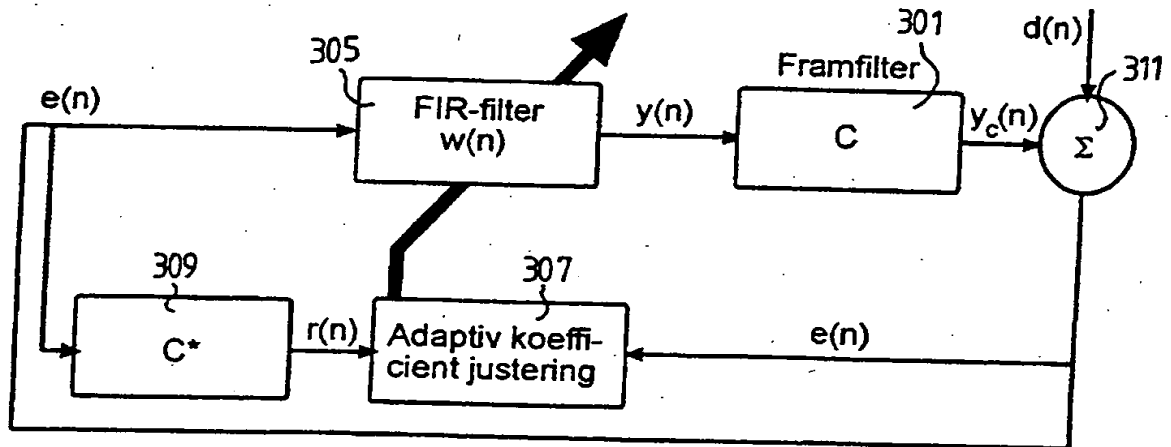


Fig. 3b

Fig. 4

